

Struktur: Bitübertragung → Sicherung → Vermittlung → Transport (→ Sitzung → Darstellung) → Anwendung

Bitübertragung: **physical layer**, physikalische Übertragung (Transceiver wandelt Daten in Energie um) via Übertragungsmedium

Duplex: **Simplex** (kein Rückkanal, Radio), **Halbduplex** (Datenrichtung ändert sich, Walkie-Talkie), **Vollduplex** (bidirektional, Ethernet)

Datenrate: $R = N : t$ R = Bitrate, N = Anzahl Bits, t = benötigte Sendezeit; Laufzeit = Verzögerungszeit zw. Senden & Ankunft (Latenz)

Bitfehlerrate: $BER = N_{ERR} : N_{TOTAL}$ (Bit Error Rate) wegen Störeinflüsse, Dämpfung Verbesserung: Kanalkodierung

Kanalkodierung: Hinzufügen von Redundanz (Erhöhung **Hamming-Distanz**: $h-1$ erkennen, $(h-1)/2$ korrigieren), Coderate: $R = k : n$

Leitungskodierung: **Fourier-Transf.** (Umwandlung zw. Zeit-/Frequenz), Bandbreite = Frequenzbereich, $u(t) = y$, $t = x$, oben U1, unten U-1

NRZ (Non-Return-To-Zero): 1 = voll, 0 = leeres Feld RZ (Return-To-Zero): 1 = halbvoll, 0 = leer

Manchester/Biphase: 1 = linke Hälfte, 0 = rechte Hälfte MLT-3 (Multi-Level-Encoding): Änderung nur bei 1

Ternäre Codes: Umwandl. binär in tenär Quaternäre Codes: Umwandl. binär in quaternär

Modulation: Basisbandsignal durch Modulation in höhere Frequenz, Analog (Amplituden- / Frequenzmodulation)

Digital: **Amplitude Shift Keying (ASK)**: Amplitude h = Leitungskod. **Phase ..(PSK)**: Phasenänderung **Frequenz ..(FSK)**: Frequenz umtasten

Medien: **Twisted Pair** (Elektrisch, LAN), **Koaxialkabel** (Wellenleiter, Fernseher), **Lichtwellenleiter** (Glasfaser, WAM)

Pakete/Frames: **TDMA** (Time Division Multiple Access = Aufteilung in Pakete), Frame = Sicherungsschicht, Paket = Vermittlungsschicht

OSI-Modell: **Encapsulation** (vers.): Header an Schicht, weiter n. u. **Decapsulation** (empfh): Header von Schicht entfernen, n. o.

Fehlererkennung: Fehler durch elektromagnetische Störungen (Rauschen, **SNR** = Signalrauschabstand)

Paritätsbit: gerade/ungerade Anz. Bit **Checksum**: Summe aller Bits (IP) **CRC** (Cyclic Redundancy Check): Polynomdivision / XOR (Ethernet, USB)

Fehlerbeh.: **FEC** (Vorwärtsfehlerkorrektur): Redundanz in jedem Paket, Prüfzahl mit übertragen;

ARQ (Automatic Repeat Request): **stop-and-wait** ARQ: Senden nur wenn ACK empfangen wurde, $U = \frac{t_s}{t_s + 2\tau + t_{ACK}}$ $t = N : R$

Sliding Window: **Go-Back-n** (Sendef. > 1, Empfangsf. = 1, TCP) **Selective Repeat** (SF = EF, TCP SACK, Neusendung nur fehlerhaftes P.)

LAN (Local Area Network): Adressierung, Kollisionsvermeidung, Topologie (Struktur);

Topologie: **WANS**: vollvermaschtes Netz ($k = (n^2 - n) / 2$ Verb.), **Bus** (Hub, Kollisionen), **Ring** (IBM Token Ring), **Stern** (Switch)

Half-Duplex: Bus, Kollisionserkennung mit **CSMA/CD**: Medium prüfen, entsprechen Übertragung gleichen Bits?

Full-Duplex: Stern, CSMA/CD integriert, Switch hat **Puffer** (Store and forward, Cut through → versenden bei Ziel-MAC-Empfang)

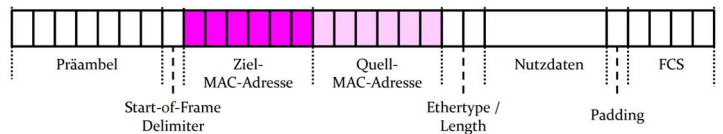
VLAN: **Port-based** (VLANs sind Portgebunden), **Tagged** (VLAN-Zuordnung in Header-Field), Layer3 zum routen zw. VLANs

Ethernet-Frame: Präambel (Uhr-Sync), SFD (Startzeichen),

MAC(Ziel/Quelle), Length (Länge < 1536 = Ethertype), Nutzdaten (max. 1500), Padding (Füllzeichen für min. Länge), FCS (CRC-32)

WAN Technolog.: **ATM** (LAN/WAN, Switched, für DSL)

SONET/SDH (WAN, Multiplexverfahren, Backbone-Infrastruktur für Provider)



Hierarchie:

1. Lokale Netze (LAN, Nutzer), 2. Zugangsnetze (AccessNetworks, WAN, Anschluss an Internet), 3. Kernnetze (Backbone, WAN, ISP)

Autonome Systeme:

ISP-Netze, weltweit eindeutige 32 Bit-Nummern (ASN), Wegewahl über **IGP (Interior Gateway Protocol)**, zwischen AS mit **EGP**

IP: Netzwerk-ID (Präfix), Interface-ID (Suffix), Subnetzmaske (Präfix 1, Suffix 0), Netzwerkadresse (Suffix 0), Broadcast (Suffix 1)

Netzwerkklassen: **CIDR** (Classless Interdomain Routing): beliebige Länge Subnetzmaske, ehemalige Klassen sind Spezialfälle

A / 8 (0000-0111), B / 16 (1000-1011), C / 24 (1100-1101), D (1110, Multicast), E (1111, reserviert)

Kunde: Präfix von ISP, ISP von zuständigem **RIR** (Regional Internet Registry, EU: RIPE NCC), RIR von **IANA** (Internet Assigne Number Authority)

Private IPv4: **NAT** (Network Address Translation) übersetzt Host-IP in global gültige, Router versteckt NAT hinter seiner eigenen

Spezielle IPv4: 0.0.0.0 (unspezifiziert, wenn Host eigene Adresse nicht kennt), 127.0.0.0/8 (xxx.1 = localhost) Loopback-Adresse

Spezielle IPv6: ::/128 (unspezifiziert), ::1/128 (Loopback), Scoped: Link local (automatisch), Unique local (privat), global unicast (normal)

Routingtabelle: Next-Hop (nächster Router), Schnittstelle (Ausgangs-Interface), Metrik (Kostenindex: Hopcount, Kosten, Last, ...)

Statisch: Erstellung/Pflegen der Einträge in Routingtabelle von Hand (Kein Overhead, aber keine Fehlertoleranz)

Distance-Vector: Matrix mit bester Metrik speichern → an Router weiterleiten & lernen, Count-to-Infinity Problem (RIP, IGRP, BGP-4)

max. Hopcount festlegen, Split Horizon (kein Rücksenden an Interface von dem gelernt wurde), ... with Poison Reverse

Link-State: Router lernen Topologie (Nachbar lernen & anderen mitteilen), Dijkstras Algorithmus für kürzesten Weg (OSPF, IS-IS)

Autonome Systeme: Innerhalb AS mit **IGP** (OSPF, IS-IS, RIPv2), zwischen AS mit **EGP** (BGP-4), Routen oft manuell

DHCP:

DHCP Discover: Client sucht DHCP-Server und fordert Informationen an

DHCP Offer: DHCP-Server liefern Informationen an Client

DHCP Request: Client fordert weitere, spezifische Informationen an

DHCP Ack: Antwort an DHCP Request

- Eigenschaften IP: paketvermittelnd, verbindungslose, ungesichert, Dienstgüte: Best Effort → weitere Protokolle benötigt
- Header: IPv4: Vers., Head Length, ToS, Total Length, ID, Flags, Fragment Offset, TTL, Type, Checksum, SRC/DST-IP, Options, Padding
 IPv6: Vers, Traffic Class, Flow Label, Payload Length, Next Header, Hop Limit, SRC/DST-IP, (Extension)
- Fragmentierung: **MTU** (Maximum Transission Unit) → Fragmente < MTU (durch Router aufgeteilt), Info: Flag & Offset
- IP-Multicast: Adressierung Gruppe (IPv4 224.0.0.0-239.255.255.255, IPv6 ff00::/8), **IGMP**(Internet Group Management Protocol)
- Source Routing: Loose (muss diese Router passieren, Opt. 3), Strict (darf nur diese Router passieren, Opt. 9)
- Route Recording: Route wird als Liste in Optionsfeld gespeichert (Rückverfolgung)
- Adressauflösung: IPv4: **ARP** (erhält IP, Broadcast in Netz, Host mit IP teilt MAC-Adresse mit, ARP speichert IP & MAC temporär)
 IPv6: **ICMPv6** (wie ARP, verwendet ICMP Messages, zusätzlich: Router-Discovery, Adressduplikate erkennen...)
- ICMP:** Austausch von Fehlermeldungen und Zustandsinformationen

Transportschicht:	Lösung für anwendungsabhängige Probleme, Grenze zwischen App & darunterliegenden Schichten
Aufgaben:	Bereitstellung zuverlässiger Dienst zur Übertragung, Multiplexing, Programmier-Schnittstelle
Anwendungsaddr.:	Multiplexing → Zuordnung Datenpakete bei gleichzeitiger Nutzung einer Schnittstelle
Transportaddr.:	TSAP (Transport Service Access Point): Port (Socket = IP + Portnummer)
Wahl von Port:	festgelegt von Server, well-known-Ports (80 für http) → standardisiert

- TCP:** wichtigstes & am häufigsten verwendetes Transportprotokoll
- Eigenschaften: verbindungsorientiert, zuverlässig, geordnet, Fluss-/Staukontrolle, Full-Duplex, Stream-orientiert
- Paketaufbau: SRC/DST-Port, Sequence-Number, ACK, Header Length, Flags, Window Size, Checksum, Urgent Pointer, Options
- Verbindungsaufbau: Versenden Segment mit SYN-Flag und ACK
- Datenübertragung: Versenden mit Seq-Nummer des 1. Bytes, ACK mit erwarteter Seq-Nummer (Seq + Länge + 1) (wenn lückenlos)
- Verbindungsabbau: Versenden Segment mit FIN-Flag und ACK
- Fast Retransmit: ACK nach jedem Segment, bei Lücke wird gleiches ACK 2x gesendet & Retransmit gestartet
- Flusskontrolle: Puffer für Anwendung, Empfänger sendet ACK mit verbleibendem Platz, Sender sendet bei WIN > 0
- Staukontrolle: Sendefenster: nur n unbestätigte Bytes gleichzeitig MSS = Maximum Segment Size
 Slow Start: Beginn mit n = 1 MSS, jedes ACK: n + 1 MSS, n verdoppeln bis Schwellwert, dann n linear (Congestion Avoidance), Timeout: n = 1 MSS, CA-Schwelle auf Hälfte der aktuellen Fenstergröße

- UDP:** neben TCP am meisten verwendet (schnell, unkomplizierter als TCP, aber unzuverlässig → Telefonie)
- Eigenschaften: verbindungslos, unzuverlässig, nachrichtenorientiert, 1-to-many interaction
- Header: SRC/DST-Port, Message Length, Checksum(optional)

- Socket: bind(): lokale Socketadresse für neuen Socket
 connect(): entfernte Scketadresse (Verbindungsaufbau)
 sendto(): Adressierung Datagram an entf. SA
 recvfrom(): Absender von Datagramm ermitteln

